



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ

**Инженерно-педагогически факултет – гр. Сливен
Катедра „Механика, машиностроене и топлотехника“**

Маг. инж. Иван Ивов Иванов

**ИЗПОЛЗВАНЕ НА БИОГАЗ ЗА КЛИМАТИЗИРАНЕ НА
ЖИВОТНОВЪДНИ ОБЕКТИ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
"ДОКТОР"

Област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.4 Енергетика

Научна специалност: Теоретична топлотехника

**Научни ръководители: Проф. д-р Петър Костов
 доц. д-р Койчо Атанасов**

СЛИВЕН, 2018 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Катедрения съвет на катедра „Механика, машиностроене и топлотехника“ към Инженерно-педагогически факултет на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 26.06.2018 г..

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 17.10.2018 г. от 15,00 часа в зала 1207 на Инженерно-педагогически факултет – Сливен на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-246 от 17.07.2018 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

:

1. Проф. д-р Петър Костов – председател
2. доц. д-р Невен Кръстев – научен секретар
3. Проф. д.т.н. Иван Антонов
4. доц. д-р Атанас Атанасов
5. доц. д-р Даниела Чакърова

Рецензенти:

1. Проф. д.т.н. Иван Антонов
2. доц. д-р Невен Кръстев

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в Учебен отдел на Инженерно-педагогически факултет – Сливен на ТУ-София.

Дисертантът е докторант в редовна форма на обучение към катедра „Механика, машиностроене и топлотехника“ към Инженерно-педагогически факултет-Сливен на ТУ-София. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като някои от тях са подкрепени от научноизследователски проект.

Автор: маг. инж. Иван Иванов

Заглавие: Използване на биогаз за климатизиране на животновъдни обекти

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД¹

Актуалност на проблема

Към настоящия момент използването на възобновяеми енергийни източници се налага във все по-голяма степен, паралелно с мерките за енергийна ефективност. Селското стопанство е благоприятен отрасъл от икономиката в който да бъдат реализирани системи с ВЕИ. Заедно с това членството на България в ЕС налага все по-високи изисквания относно условията за отглеждане на животни. Според зоо специалистите съществен проблем са високите температури през летните месеци най-вече за птиците и свинете. Повишаването на температура над определени граници води до намаляване на прираста, а в по-тежки случай и до смърт. От използваните системи за осигуряване на оптимален микроклимат в момента, единствено използването на хладилна машина би довело до желаните параметри. При изследване работата на вентилационни системи, както и такива с изпарително охлаждане резултатите показват зависимост от параметрите на външния въздух и повишават относителната влажност на въздуха в работните помещения. Все още един от основните проблеми при крупното животновъдство е съхранението и преработката на животинските отпадъци. Съхранението на тор в открити пространства замърсява околната среда с метан, както е известно притежава потенциал за глобално затопляне 72 пъти повече от въглеродния диоксид за 20 годишен период. Именно споменатите последно два проблема са преплетени в тематиката на настоящия труд. Биогазовете инсталации в страната се изграждат все по често. Основните им приложения към момента е преработването на отпадъци от градските пречиствателни станции както и преработката на отпадъци от животновъдството. Получения биогаз почти във всички случаи се изгаря в комбинирани топло електрически инсталации. Абсорбционните хладилни машини могат да използват при тяхната работа газово гориво. Поради своята окрупненост в момента свиневъдството притежава потенциал за обезпечаването на биогазови инсталации с необходимите входни суровини.

В тази връзка са извършвани изследвания относно работата и възможното приложение на АХМ в условия на биогаз. Това предизвика редица положителни последствия, като намаляване на емисиите CO₂, нисък потенциал за глобално затопляне на използваните хладилни агенти, получаване на качествен тор.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Цел: Изследване възможност за охлаждане на животновъдна сграда чрез АХМ работеща с биогаз.

Задачи:

1. Определяне на специфичната охладителна характеристика на типова животновъдна сграда.
2. Експериментално определяне студопроизводството на лабораторна АХМ работеща с биогаз.
3. Създаване на физически модел на животновъдна сграда със съответната въздухоразпределителна система.
4. Експериментално и числено изследване на въздухообмена в модел на животновъдна сграда.

За постигането на целта са решени поставените основни задачи. Определен е специфичния охладителен товар на сграда за отглеждане на свине майки с малки прасета. Създаден е лабораторен стенд на базата на абсорбционна хладилна машина позволяващ работа с газово гориво. Горивото се изгаря посредством инжекционна горелка проектирана специално за случая. Проведени са експерименти за определяне на студопроизводството на АХМ при изгаряне на биогаз. Материализиран е физически модел на животновъдна сграда за отглеждане на свине майки с малки прасета. Модела е мащабно копие на сграда със съвременна конструкция и е в съответствие с теорията на подобие. Изработена е и въздухоразпределителна система която последствие е внесена във физическия модел. Лабораторните експерименти са проведени с втечен газ пропан. Изследвани са скоростното и температурно полета след въздухоразпределителния тръбопровод. Експериментите са проведени в няколко различни степени на завършеност на физическия модел. Това е направено с цел, при необходимост да бъдат направени корекции преди напълното завършване на модела. Предварителното изследване е проведено в условия на свободно изтичане при изотермични условия. След това въздухоразпределителя е внесен във физическия модел на сградата и са проведени експерименти при изотермични условия. Същинската серия експерименти са проведени с охладен въздух подаван от АХМ. Основните изисквания които се съблюдават са скоростта на въздуха над мястото на лежане на животните да не надхвърля $0,4 \text{ m/s}$ и температурата да е $24-26^\circ\text{C}$

Научна новост

Получена е критериална зависимост за връзката между специфичния охладителен товар на животновъдна сграда и влияещите ѝ фактори.

Практическа приложимост

Реализирано е приложение на биогаза в условия на непосредствено производство до източника на суровините. В реални практически условия е показана възможността за използване на биогаз като енергийно гориво при условията на инжекционна газова горелка в АХМ.

Изследваните конструкции биха могли да послужат като основа за провеждането на следваща серия компютърни симулации с други конструкции, и по-задълбочено разглеждане на останалите фактори влияещи върху комфорта на подрастващите животни.

Апробация

Дисертационния труд е докладван и обсъден на разширен катедрен съвет на катедра “Механика, машиностроене и топлотехника” при ТУ – София, ИПФ – Сливен. Части от темата са докладвани на:

- Юбилейна научна конференция, гр. Стара Загора, “20 години Тракийски университет“ юни, 2015 г.;
- Научна конференция, гр. Сливен, “Спорт Палас“ юни, 2015 г.
- Научна конференция РУ§СУ 15, гр. Русе, октомври, 2015 г.
- Научна конференция, гр. Сливен, “Спорт Палас“ юни, 2016 г.
- Научна конференция РУ§СУ 16, гр. Русе, октомври, 2016 г.
- Научна конференция, гр. Сливен, “Национал Палас“ юни-юли, 2017 г.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в 7 бр. научни статии в България, от които 1 бр. самостоятелна и 6 в съавторство.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от 158 страници, като включва увод, пет глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо 156 литературни източници, като 132 са на латиница и 24 на кирилица. Работата включва общо 125 фигури и 17 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. ОБЗОР ПО ПРОБЛЕМА

В литературния обзор са обстойно разгледани известните средства за осигуряване на благоприятен микроклимат, както и ползите от него. Разгледани са предимствата и недостатъците на най-популярните системи. Свинете и птиците са двете групи животни особено чувствителни към високите температури през летните месеци. Това налага използването на системи за понижаване температурата на въздуха в сградите за тяхното отглеждане. Друг основен проблем на животновъдството е преработката на отпадъците от животните.

Описани са обработката на животновъдните отпадъци съпътстван с добив на биогаз, приложенията на биогаза като гориво, какво в световен така и в национален план. Поради своята окрупненост свиневъдството представлява отрасъл в животновъдството с потенциал за добив на биогаз.

В резултат на извършения литературен обзор са формулирани следните изводи:

- ❖ В световен мащаб непрекъснато се разширяват възможностите за използване на биогаз. В когенерационни инсталации, енергийно гориво и в селскостопанското производство. Перспективно изглежда в това отношение възможността да се използва като енергоносител.
- ❖ Развитието на животновъдството в България налага усъвършенстване на климатизационните системи и по широко използване на възобновяеми енергийни източници при тяхното реализиране, включително и биогаз.
- ❖ Използването на системи за охлаждане може да се развива чрез приоритетното им снабдяване с енергоносител – биогаз.
- ❖ Развитието на системите за охлаждане предполага рационално съчетаване на подходящи хладилни машини и изследване на възможностите за удовлетворяване изискванията при отглеждане на млади животни.
- ❖ Изглежда перспективно, да бъде подробно изследвана възможността за удовлетворяване, изискванията на проектантската практика при разпределението на охладения въздух в помещенията за отглеждане на животни с цел рационалното му управление.

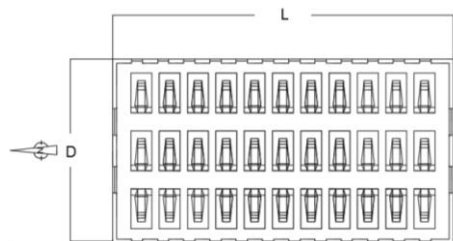
ГЛАВА 2. ЕНЕРГИЙНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СГРАДА ЗА ОТГЛЕЖДАНЕ НА СВИНЕ МАЙКИ.

Свиневъдството е един от най-бързо развиващите се сектори в животновъдството. Основните моменти в него е възможно най-малка себестойност на единица килограм прираст на животните, както и качеството

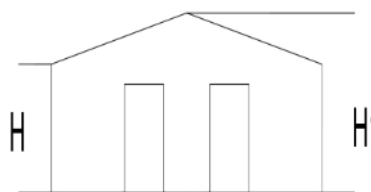
на месото. Поради високата си активност при обмен на веществата кърмещите свине майки са податливи на топлинен стрес и затова температурата в помещение за прасило в идеалния случай не трябва да надхвърля 26°C .

Актуален в момента е също и въпроса за енергийните характеристики на производствени обекти. Определящата енергийна характеристика на конкретен тип сгради при климатизиране е охладителен товар, отнесен към единица обем. Обект на разглеждане е сграда със съвременна архитектура, за отглеждане на свине майки с малки прасета с индивидуални повдигнати боксове „английски тип“ [16].

На фиг 2.1.2. е показано разположение на свинята майка и малките прасенца. Разгледана е типова сграда за отглеждане на свине майки с малки прасенца [76]. В конкретния случай тя е с размери $L=23,5\text{m}$ - дължина, $D=12\text{m}$ - ширина и $H_1=3,5\text{m}$, $H=2,5\text{m}$ - височини. Схематична ориентация е показана на фиг. 2.2.1.



Фиг 2.1.2. Архитектурна схема на сградата



Фиг 2.1.3. Изглед на сградата

Посредством метода анализ на размерностите на величините, които оказват влияние върху топлопритоците на сградата, се получава критериална зависимост – показваща топлопритоците в сградата при различни начални условия отнесени към 1 m^3 . Тази зависимост ще позволи да се направи физически модел на изследваната сграда, което е предпоставка за получаване на зависимости, които биха могли да се използват за този тип сграда. Желаните параметри на въздуха в разгледаната сграда са: температура 25°C и относителна влажност 60%, това са стойности удовлетворяващи изискванията посочени в наредба за проектиране на животновъдни обекти. Климатичните условия за областта в която приемаме че се намира моделираната сграда образец са: изчислителна стойност на температура през летния сезон за 0,4 % не осигуреност - 36°C месец Юли, относителна влажност на въздуха – 31%, интензитет на слънчевата радиация, преобладаващ посока и скорост на вятъра, разположение на сградата, тип на местността в която се намира, ориентация спрямо посоките на света, архитектурен чертеж и размери на сградата, ограждащи конструкции на сградата.

Пресметнати са коефициентите на топлопреминаване по познатата методика. Броя и размерите е според изискването за площ на прозорците отнесена към площ на под, определени според методика [13] Поради невъзможността да бъде предвиден точния брой на новородените животни, са разгледани случаи с променлив броят на животните. Варира от 28 до 33 свине майки, това е направено с цел да се определят границите на изменението на топлопритоците от животните[13][120][121] .

Разгледани са няколко случая при различни метеорологични условия с цел да се определи областта на възможното изменение на коефициента на топлопредаване $\alpha_{\text{вн}}$. Стойностите на $\alpha_{\text{вн}}$ варират от 9,5 W/m².К до 26,13 W/m².К, в тези стойности участва и добавка от лъчистата компонента. [84] Получени са стойностите за пълния охладителен товар на сградата отнесен за 1 m³ (W/m³). Резултатите са показани в Табл. 2.2.4..

Броя св майки	28	29	30	31	32	33
Тихо време	38,44	40,17	41,23	42,16	43,15	43,46
Вятър 2m/s	42,78	43,76	44,73	45,71	46,69	47,67
Вятър 4m/s	42,89	43,87	44,84	45,82	46,79	47,78
Вятър 6m/s	42,94	43,91	44,89	45,89	46,81	47,82
Вятър 8m/s	42,97	43,95	44,93	45,91	46,85	47,86
Вятър 10m/s	42,99	43,97	44,95	45,92	46,90	47,88
Вятър 12m/s	43,01	43,99	44,97	45,94	46,92	47,89

Табл. 2.2.4. Специфичен охладителен товар на сградата

Получаване на зависимост за специфичния охладителен товар от определящите величини. За обобщаване динамичното взаимодействие на изследваната сграда с околната среда в режим на климатизация са изведени безразмерни комплекси съдържащи характерни величини въз основа на анализа на размерностите. В общ вид зависимостта има вида:

$$Q = f(\Delta t, \alpha_{\text{вн}}, q, \lambda, \delta) \quad (2.14)$$

във форма на степенна функция уравнение (2.14) има следния вид;

$$Q = C \cdot \Delta t^a \cdot \alpha_{\text{вн}}^b \cdot \delta^c \cdot \lambda^d \cdot q^e \quad (2.17)$$

Предвид поставените цели изглежда приемливо уравнение (2.14) да бъде представено като обобщена зависимост в съответствие с теорията на подобие. Използван е анализа на размерностите в съответствие с препоръките [80].

Означенията L, M, T са съответно символи на основните независими величини-дължина, маса, време, а в съответствие с [80] до колкото се работи и с

топлинни величини могат да бъдат въведени – H и θ , които представляват съответно количество топлина и температура, като допълнителни величини. В съответствие с таблица 2.2.3. уравнение (2.14) може да се запише като уравнение на размерностите.

$$\text{Или} \quad \frac{H}{T.L^3} = \theta^a \cdot \left(\frac{H}{T.L^2.\theta}\right)^b \cdot L^c \cdot \left(\frac{H}{T.L.\theta}\right)^d \cdot \left(\frac{H}{T.L^3}\right)^e \quad (2.18)$$

Със съответстващите размерности на величините влизащи в уравнение (2.17), то се записва във вида;

$$T^{-1}.H.L^{-3} = \theta^a (L^{-2}.T^{-1}.H.\theta^{-1})^b .L^c .(L^{-1}.T^{-1}.H.\theta^{-1})^d .(L^{-3}.T^{-1}.H)^e \quad (2.19)$$

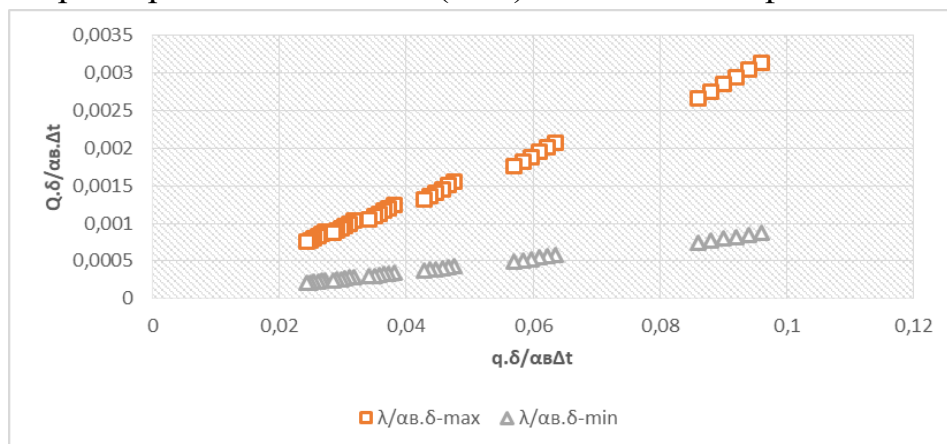
Получен окончателен вид на критериалното уравнение, което обобщава взаимодействието на изследваната сграда с околната среда в режим на климатизация. Уравнението има вида;

$$Q = \frac{\Delta t.\alpha_z}{\delta} \cdot \left(\frac{q.\delta}{\Delta t.\alpha_z}\right)^e \cdot \left(\frac{\lambda}{\alpha_z.\delta}\right)^d ; W/m^3 \quad (2.24)$$

Зависимостта която дефинира областта на изменението на топлопритоците фактически представлява и необходимата хладилна мощност на абсорбционна хладилна машина. В безразмерен вид уравнението (2.24) има вида

$$\frac{Q.\delta}{\Delta t.\alpha_z} = \left(\frac{q.\delta}{\Delta t.\alpha_z}\right)^e \cdot \left(\frac{\lambda}{\alpha_z.\delta}\right)^d \quad (2.25)$$

Графика на безразмерната зависимост (2.25) е показана на фиг. 2.2.7.



Фиг. 2.1.8. Функционална зависимост между частните числа на подобие

Уравнение (2.28) обобщава резултатите от изследването посредством получени променливи коефициенти.

$$Q = 0,74 \cdot \frac{\Delta t.\alpha_z}{\delta} \cdot \left(\frac{q.\delta}{\Delta t.\alpha_z}\right)^{-0,56} \cdot \left(\frac{\lambda}{\alpha_z.\delta}\right)^{1,39} ; W/m^3 \quad (2.28)$$

където;

$\frac{q.\delta}{\Delta t.\alpha_z}$ и $\frac{\lambda}{\alpha_z.\delta}$ представляват частни числа на подобие.

На фигура 2.1.8. е показан възможният интервал от необходимото студопроизводство на приетите стандарти за строителство и потенциални метеорологични условия. Те могат да се използват за количествено мотивиран избор на абсорбционни хладилни инсталации; възможна комбинация от такива инсталации, както и техния абсолютен брой. По начина си на представяне в табл. 2.2.4. резултатите от проведеното изследване са предпоставка а материализирането на физически модел на сграда от вида. Това се изразява в съгласуването размера на модела с мощността на хладилната машина обезпечаваща неговото охлаждане. За целта е необходимо избирането и определяне студопроизводството на хладилна машина, което е задача на следващата глава.

ГЛАВА 3. Лабораторна уредба, основни характеристики, изследване студопроизводството на АХМ с енергоносител газово гориво.

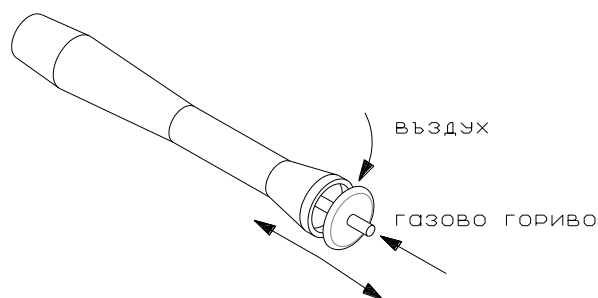
3.1. Формулиране на проблема

Студопроизводството на АХМ може да бъде определено по метода на потока. За целта е изработен лабораторен стенд на основата на агрегат от АХМ българско производство. Енергоизточника в случая е газово гориво. Горивното устройство е инжекционна горелка.

Неговото определяне е извършено след определяне студопроизводството на АХМ и възприетата топлинна енергия от генератора на същата. Резултатите от експерименталните изследвания са проведени върху конкретната АХМ което ще позволи да бъде направен физически модел на климатизирана животновъдната сграда разгледана в глава две при съответствие с принципите на теорията на подобие.

1.2. Относно избора на горивно устройство за абсорбционна хладилна машина

Преобразуването на химическата енергия на биогаза в топлина, част от която се използва за добиване на изкуствен студ в абсорбционната хладилна машина се осъществява от горивно устройство. За устойчива и икономична работа на абсорбционната хладилна машина горелката за биогаз трябва да е в състояние да осигури условията и характерните особености при нейната работа. Имайки предвид съображения най-подходяща изглежда инжекционната горелка с активна газова струя.



Фиг. 3.2. Схема на подаването на въздух и гориво при инжекционна горелка

За проектиране експерименталната горелка използвана в експериментите за определяне студопроизводството на лабораторната абсорбционна хладилна машина е използвана методиката изложена в [16].

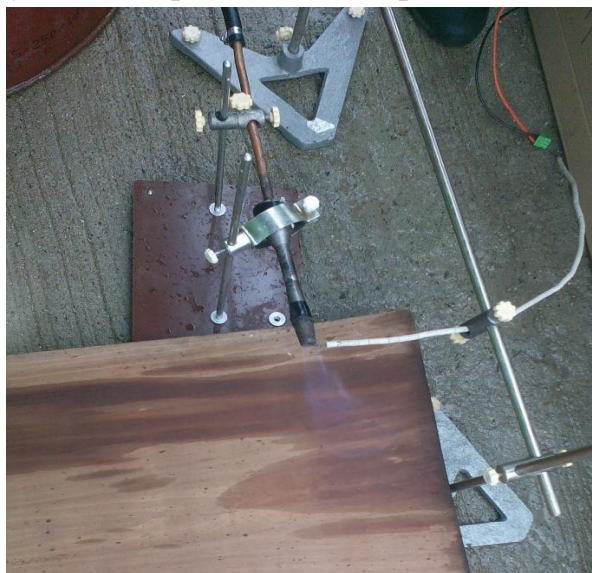
В цитираната методика са получени няколко зависимости имащи пряко отношение към условията на работа на инжекционните горелки;

Описаните възможности и липсата на движещи се части представят инжекционните горелки, като най-подходящото газово устройство за работа в условия на абсорбционна хладилна машина.

3.3. Определяне на студопроизводството на лабораторна АХМ с енергоносител биогаз.

3.3.1. Обща схема и описание на био газовата инсталация.

Субстрата (входното вещество) постъпва в приемен бункер. След което може да бъде транспортиран към биореакторите. Предвидена е рециркулация на приемния бункер. Инсталацията е съставена от три реактора с работен обем 1000 m³. Акумулирането на отделения биогаз е в самия реактор, присъединяването на газовата линия към реактора се осъществява в горната му част. Първоначално горелката бе поставена в условия на открит факел.



**Фиг.3.4. Изгаряне на биогаз
чрез инжекционна горелка в
условия на открит факел**

**фиг.3.5. Инжекционна горелка
изгаряща биогаз**

Местоположението на присъединяването на лабораторната горелка към газовата линия на инсталацията и посочено на фиг. 3.7. За целта е използван гъвкав тръбопровод с диаметър 0,010 m, на който е монтиран еднопосочен клапан за газ. Налягането на газа варира между 40 и 60 mbar. Горелката е монтирана на стойка осигуряваща както нейното хоризонтално положение така и позициониране на чувствителния елемент на измервателния прибор фиг. 3.7.

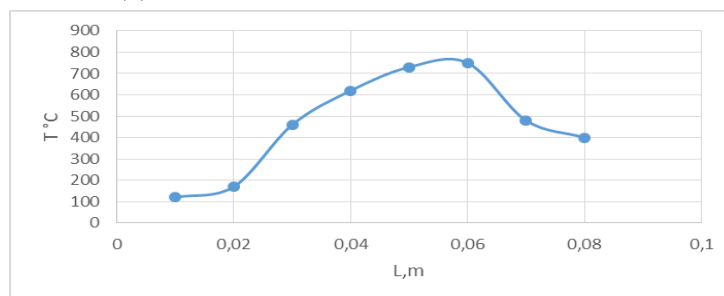


**Фиг. 3.6. Присъединяване на
инжекционната горелка към
биогазовата линия**



**Фиг. 3.7. Примерна схема за
измерване температурата на
факела при инжекционна горелка**

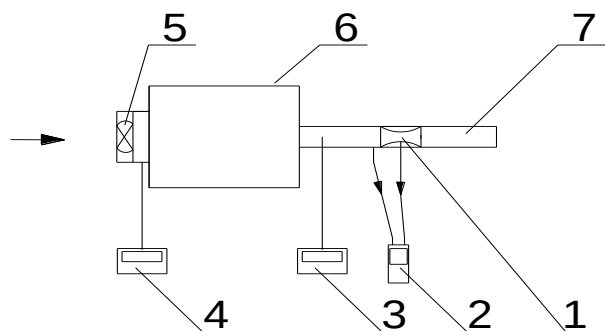
Осъществено е измерване на температурата по оста на факела. Резултатите са показани в графичен вид. Тези резултати са необходими при позиционирането на инжекционната горелка в горивната камера на експерименталния стенд.



фиг. 3.8. Разпределение на температурата по оста на факела

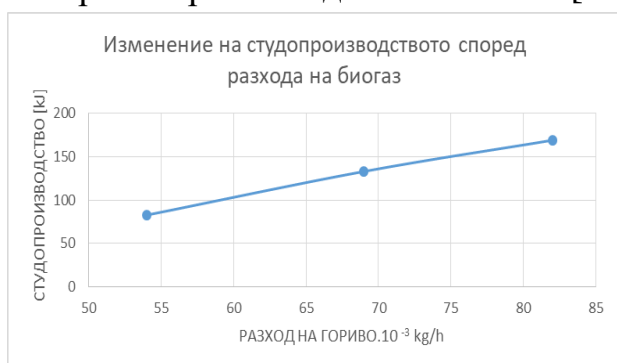
3.3.3. Изследване студопроизводство на АХМ с биогаз

Настоящото изследване е реализирано на територията на описаната по горе био газова инсталация. АХМ е присъединена към газовата линия съгласно схемата. Хладилната машина стартира студопроизводство след 30 минути работа на инжекционната горелка. Производителност на инжекционната горелка съответстваща на дюза 0,40 mm, 0,50mm и 0,55 mm. Схема за провеждане на експериментите е показана на фиг. 3.9.

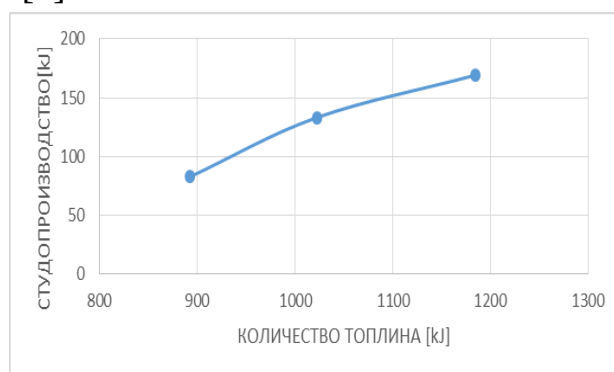


Фиг. 3.9. Схема на измерването

Въздух се засмуква от околната среда чрез вентилатора 5 и се подава в канал 6 където се охлажда от изпарителя 4 на АХМ. Канала е изработен от екструдирания полистирен с дебелина 0,030 m. Количеството на преминалия въздух през него се измерва чрез измервателна система монтирана на тръбопровода 7 съставена от тръба на Вентури (1) и диференциален манометър 2. Температурната разлика между постъпващия и отведения въздух преминава през канала се осъществява посредством термосъпротивителни термометри 3 и 4. Определянето на студопроизводството и внесения количество топлина се извършва чрез методика описана в [25] и [8].



Фиг. 3.10. Студопроизводство на лабораторната АХМ



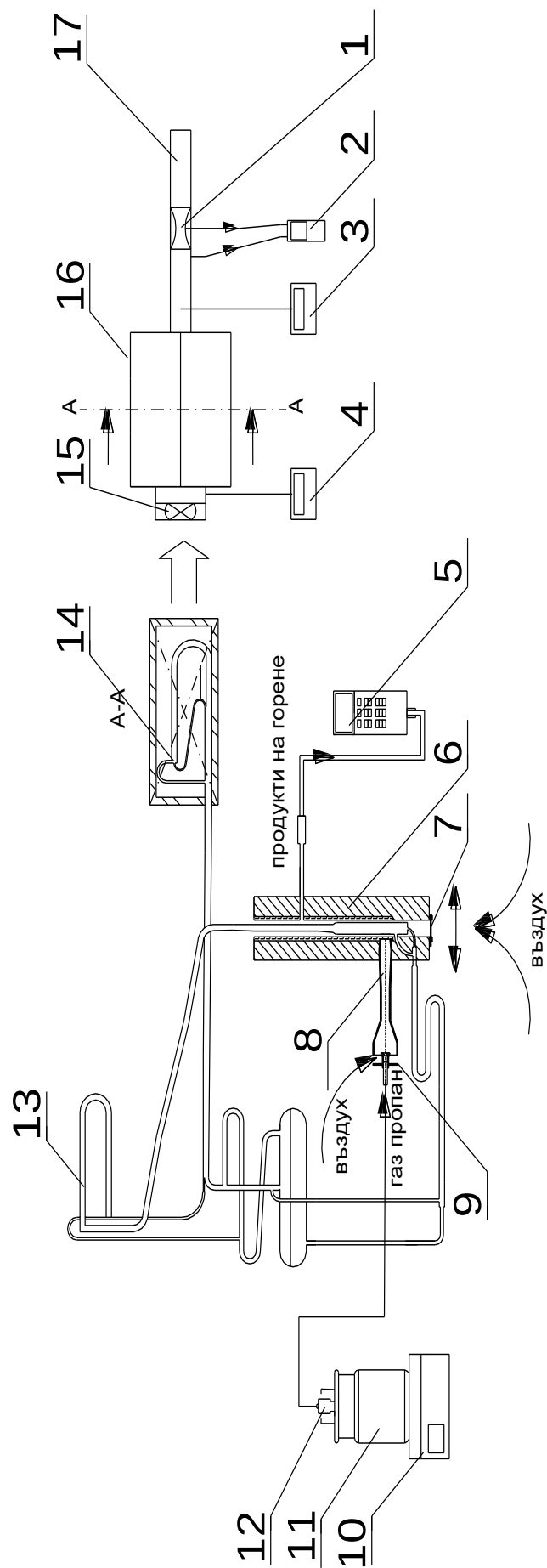
Фиг. 3.11. Изменение студопроизводство на лабораторната АХМ в условия на биогаз

Топлинното натоварване върху генератора на АХМ оказва влияние на нейното студопроизводство и съответно върху хладилният и коефициент. Получените резултати при описания експеримент показват количествената връзка между студопроизводството на АХМ и количеството топлина изразходвано за получаването му. Спазвайки законите на теория на подобие е проектирана инжекционна горелка работеща с втечен газ за нуждите на лабораторни изследвания върху АХМ за конкретния случай.

3.4. Лабораторна уредба за изследване влиянието на топлинното натоварване на генератора на конкретната АХМ върху нейното студопроизводство.

На фиг. 3.1.1 е показана подробна схема на стенда, чрез която може да се определи студопроизводството на АХМ. Експерименталния стенд е на основата на агрегат от абсорбционна хладилна машина дифузен тип пригоден за работа с газово гориво. Енергоизточникът който е използван е втечен газ. Основните елементи на стенда са: 1- тръба на Вентур, 2- диференциален манометър, 3 и 4 термометри, 5 – газоанализатор, горивна камера, 6- горивна камера, 7- отвор за вторичен въздух, 8 - инжекционна горелка, 9 – шибър, 10 – електронна везна, 11 – газова бутилка, 12 – газова бутилка, 13 – кондензатор, 14 – изпарител, 15 – вентилатор, 16 - правоъгълен канал и 17 тръбопровод.

Показания на фиг. 3.11. стенд дава възможност за определяне на следните режимни параметри на АХМ: студопроизводство; топлинно натоварване върху генератора; коефициент на излишък на въздуха; внесената топлина в генератора; температури на външните повърхнини на кондензатора, изпарителя и стената на горивната камера.



Фиг. 3.11. Схема на експериментален стенд

3.4.1. Методика на провеждане на експеримента.

Експерименталното изследване е проведено на описаната по-горе уредба, като всички опити са проведени с равномерна повторяемост.

Различният дебит на газовото гориво при отделните експерименти се гарантира посредством подмяна газовите дюзи на горелката. Диаметрите на дюзите използвани при експериментите са следните: $0,17 \cdot 10^{-3}$ m; $0,26 \cdot 10^{-3}$ m; $0,30 \cdot 10^{-3}$ m и $0,40 \cdot 10^{-3}$ m. Горивната камера в която се осъществява горивния процес се охлажда при свободна конвекция. При провеждането на експеримент с дюза $0,40 \cdot 10^{-3}$ m температурата на изхода на кондензатора, която е измерена контактно като достигна 55°C . Допустима е температура от 45°C [9]. Превишаването на температурата сложи край на провеждането на експеримента и затова не са получени достоверни резултати при работа с тази дюза.

Въз основа определянето на отделните загуби на топлина, коефициентът на полезно действие на горивната система (по обратен баланс) може да бъде определен по следната зависимост (1) описана в [8] :

$$Q=Q_{\text{п}}+Q_2+Q_3+Q_5 \quad (1)$$

❖ Определяне на студопроизводството на АХМ

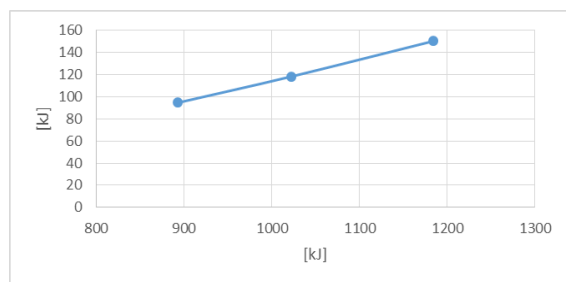
Определянето на студопроизводството е осъществено по метода на потока, използван при подобно изследване[25] .

$$Q=m \cdot c_p \cdot \Delta t \quad [\text{W}] \quad (2)$$

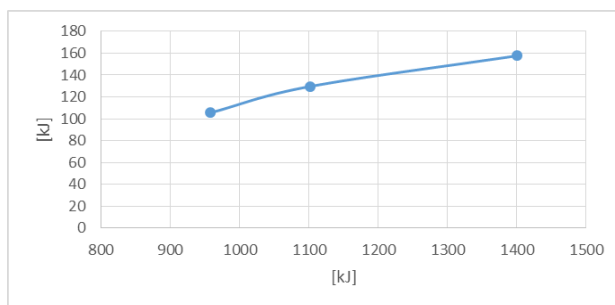
Посредством получените резултати от описаните по-горе експериментални изследвания определяме коефициента на използване на горивото на конкретната АХМ.

3.4.3. Резултати получени при проведените експериментални изследвания.

Резултатите от проведените експериментални изследвания са показани в графичен вид на фиг. 3.11. Те представляват количествена зависимост на получено студопроизводство спрямо различно топлинно натоварване на генератора на АХМ.



Фиг 3.12. Студопроизводство при различно топлинно натоварване пропан бутан



Фиг. 3.13. Изменение на студопроизводство след извършен топлинен баланс

3.5. Изводи

Резултатите показаха, че с газово гориво може да се постигне по-високо специфично студопроизводство.

Представените експериментални резултати дават сведения за възможното използване на биогаз, като гориво в условията за климатизиране на животновъдна сграда. Като начални резултати може да се направи заключението, че при използване като енергоносител газово гориво, максималните стойности са по високи от колкото при енергоизточник електрически нагревател.

Относително по голям е диапазона на регулиране при използване на газово гориво. Определено е максималното възможно топлинно натоварване на АХМ преди да достигне критични параметри. Тези резултати са получени при използването на газово гориво „технически пропан“ и газове на продуктите на горене.

Коефициента на излишък на въздуха в експериментите се движи в границите 1.07-1.12. Получените са количествени зависимости установяват връзката между студопроизводство и вложената топлина от газово гориво в условия на лабораторна абсорбционна хладилна машина. Тези резултати могат да се използват за проектиране на нагревателна система с енергоносител биогаз. След проведените експерименти и получените резултати АХМ ще бъде използвана за физически моделиран действащ модел на климатизиран животновъден обект при работа с газово гориво. Изборът на мащаб на физическия модел ще произтече от специфичната охладителна характеристика на сградата и студопроизводството на АХМ.

ГЛАВА 4.

Изследване движение на въздух в условия на физически модел

4.1. Физически модел, условия за еднозначност.

Основните изисквания към условията при отглеждане на малки прасета, които трябва да бъдат удовлетворявани при проектиране на климатични инсталации [13]. Условията са: температурата в помещението да не превишава 25 ° С, скоростта на въздуха над животните да не е по-висока 0,4 m/s [13] и непосредствено над отглежданите животни скоростната неравномерност на въздушната струя да бъде минимална. Физическия модел има еднаква геометрична форма и подобни размери с моделираната сграда, от тук следва че сградата образец и моделът могат да бъдат разглеждани като един и същ обект,

взет в различни мащаби [56]. Обемът на физическия модел е подбран съобразно хладилната мощност на инсталацията описана в Глава 3. Топлинното взаимодействие между моделираната сграда и околната среда е пренесено върху физическия модел посредством еднаквостта на числените стойности на безразмерни комплекси. Тези числа са получени чрез метода анализ на размерността и метода на Huntley, имайки характера на частни критерии на подобие. Съгласно Huntley функционалната зависимост, описваща явлението може да се представи в следния вид :

$$Q = c \cdot \Delta t^a \cdot \alpha_{\text{вн}}^b \cdot \delta^c \cdot \lambda^d \cdot q^e \quad (4.1)$$

където:

Q - хладилната мощност за 1m^3 [W/m^3];

Δt - температурна разлика между външната температура и тази в помещението [K];

$\alpha_{\text{вн}}$ - коефициент на топлопредаване между външния околнен въздух и ограждащите повърхности [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$];

δ - дебелината на ограждащите повърхности-[m];

λ - еквивалентен коефициент на топлопроводност на ограждащите повърхности [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$];

q - биологично отделената топлина от животните в помещението [W/m^3].

Означенията L, M, T са съответно символи на основните независими величини-дължина, маса, време, а в съответствие с [Huntley, 1967] до колкото се работи и с топлинни величини могат да бъдат въведени – H и θ , които представляват съответно количество топлина и температура, като допълнителни величини. В съответствие с табл. 1 уравнение (4.1) може да се запише като уравнение на размерностите.

$$T^{-1} \cdot H \cdot L^{-3} = \theta^a (L^{-1} \cdot T^{-1} \cdot H \cdot \theta^{-1})^b \cdot L^c \cdot (L^{-1} \cdot T^{-1} \cdot H \cdot \theta^{-1})^d \cdot (L^{-3} \cdot T^{-1} \cdot H)^e \quad (4.2)$$

След преобразувания от уравнение (4.2) се получава изразът

$$Q = \frac{\Delta t \cdot \alpha_{\text{вн}}}{\delta} \cdot \left(\frac{q \cdot \delta}{\Delta t \cdot \alpha_{\text{вн}}} \right)^e \cdot \left(\frac{\lambda}{\alpha_{\text{вн}} \cdot \delta} \right)^d \quad (4.3)$$

Получената зависимост (4.3) представлява критериално уравнение, което дава връзката между безразмерните променливи, отразяващи зависимостта на интересуващата ни величина-специфично студопроизводство и факторите, определящи топлопритоците в помещението за отглеждане на животни.

От уравнение (4.3) следва, че за постигане на подобие в модела и базовия проект е необходимо да бъдат гарантирани следните условия:

$$\frac{\lambda}{\alpha_{вн} \cdot \delta} = idem; \quad (4.4)$$

Този комплекс представлява реципрочната стойност на критерия Био. Фактически отразява относителната стойност на топлинната проводимост на стената спрямо топлопритока отвън.

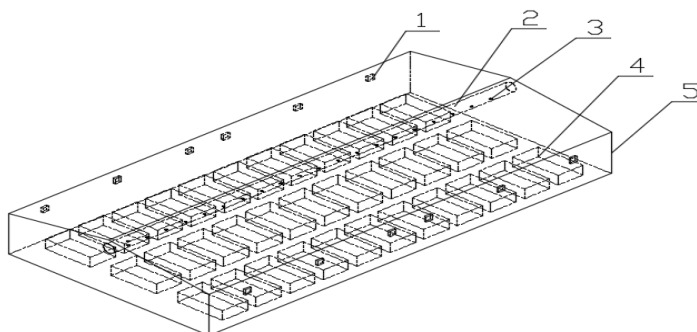
$\alpha_{вн}$ -към стойността на външния коефициент на топлопредаване се прибавя и лъчиста компонента.

$$\frac{q \cdot \delta}{\Delta t \cdot \alpha_{вн}} = idem; \quad (4.5)$$

Този критерий характеризира относителното влияние на биологично отделената топлина от отглежданите животни и топлопритоците отвън при определена температурна разлика. Равенството на числените стойности на комплексите (4.4) и (4.5) за моделираната сграда и физическия модел са достатъчно основание според теорията на подобие - да бъдат разгледани като подобни. Представения модел позволява да бъде използван за експериментално изследване на скоростното и температурно разпределение в обитаемите от животните сгради.

4.1.1. Описание на опитната уредба

За провеждане на експерименталното изследване на система за климатизация на селскостопански обект е конструиран и изработен физически модел на селскостопански обект. Моделът включва: Макет на разгледаната в Глава 2 сграда и АХМ разгледана в Глава 3. Макетът е с размери 1000/2000/310 mm, изграден е от листове екструдирани пенополистирен с размери 1250/600/30 mm. Дебелината на плоскостите е определена съгласно зависимост (4.4).



Фиг. 4.1. Схема на физическия модел

Физическият модел освен сграда, включва в себе си и въздухоразпределителна система. Състои се от тръбопровод с изработени кръгли отвори върху него и

компенсационни отвори разположени по стените на сградата модел фиг.4.1. . Отворите за въздух са разположени в надлъжната вертикална равнина на въздухопровода. Броят и диаметърът на отворите за въздух се определят от условието:

$$\sum \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot n = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \quad (4.6)$$

където

d - диаметъра на отворите за въздух; n – броя отвори; D - вътрешния диаметър на въздухопровода.

Изработен е от PVC тръба $\Phi 50 \times 1.8 \text{ mm}$ с дължина 2000mm, на която са пробити 20 отвора с размер 10mm. Центърът на първия е на 140mm от началото на тръбата, а следващите са през 95 mm.

4.1.2. Експериментално изследване при изотермични условия на система вертикални свободни струи в условия на климатизация.

4.1.2.1. Методика за провеждане на експеримента

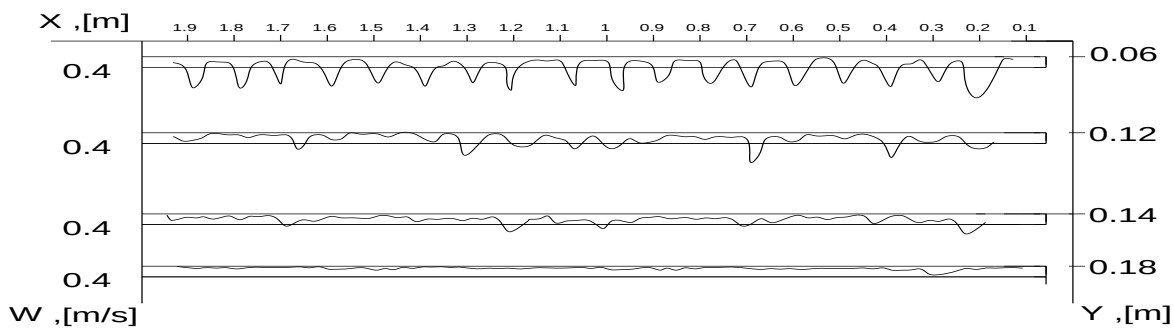
След направено предварително проучване на възможните методи и средства за измерване на скорост на въздух, се установи, че за конкретния случай това е най удачно да се извърши чрез термоанемометър.

За осъществяване на контролирани измервания е създадена позиционираща система с направляващи, които позволяват идентифициране локалното положение на чувствителния му елемент и повторение на експеримента.

4.1.2.2. Свободно изтичане

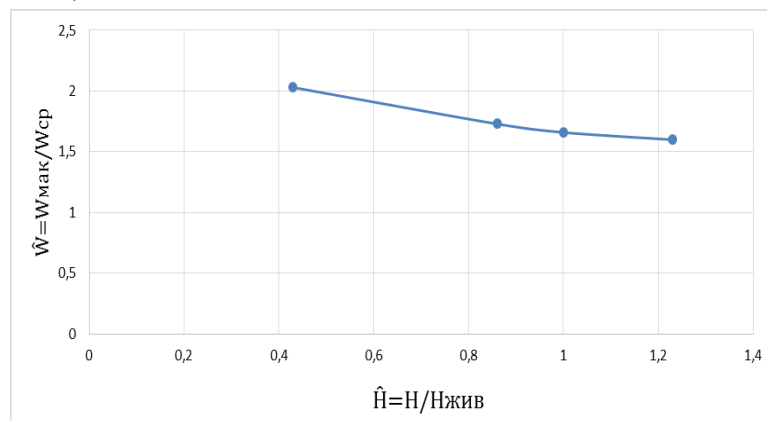
При проведените експерименти са снемани скоростните профили във вертикалната равнина под въздухоразпределителната тръба на единичните струи, както и съставната струя, която се формира под нея.

Резултатите показват типично за такива случаи деформация на струята [24] при единична струя в началното сечение. При едновременно изтичане от два съседни отвора, скоростния максимум по оста на струята бързо намалява.



Фиг.4.8. Резултатно скоростно поле образувано от системата вертикални единични струи

На фиг.4.8. е показано изменението на резултатното скоростно поле в струята образувана от системата вертикални единични струи. Прави впечатление, че локалните скоростни максимуми бързо затихват и на разстояние 0,18 m от мястото на изтичане. Максималната скорост никъде не надвишава препоръчителната 0,4 m/s.



Фиг.4.9. Неравномерност на резултатното скоростно поле, по височина на помещението

На фиг. 4.9. е показана графика на безразмерната скорост $\hat{W}$ във функция на безразмерната дължина $\hat{H}$.

$$\hat{W} = \frac{W_{\text{мак}}}{W_{\text{ср}}} = f\left(\hat{H} = \frac{H}{H_{\text{жиз}}}\right) \quad (4.7)$$

$W_{\text{мак}}$ - максималната скорост в съответното сечение m/s;

$W_{\text{ср}}$ - средната скорост в съответното сечение m/s;

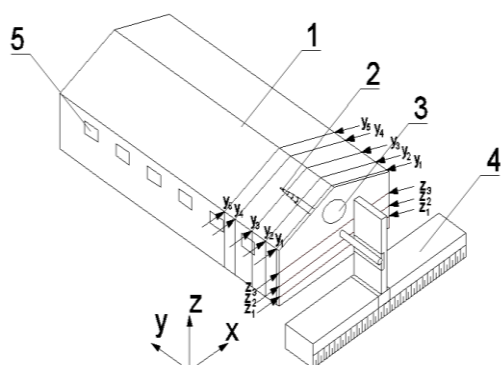
H -разстояние от нагнетателния отвор до сечението на измерването m;

$H_{\text{жиз}}$ -разстояние от нагнетателния отвор до животните m.

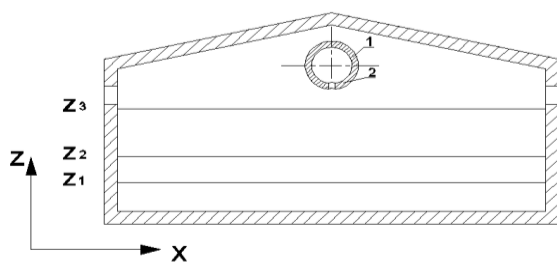
Графиките на фиг. 4.8. показват наличието на застойни зони около вертикалните стени в двата края на модела. Тяхното наличие трябва да се има предвид при планиране на бъдещите основни експерименти в неизотермични условия. Представените експериментални резултати дават сведения за

влиянието на режимните и конструктивни параметри на въздуховодещата тръба върху скоростното поле на съставната струя под нея.

4.1.2.3. Свободно изтичане при взаимодействие между въздухоразпределителната система и околни стени при изотермични условия

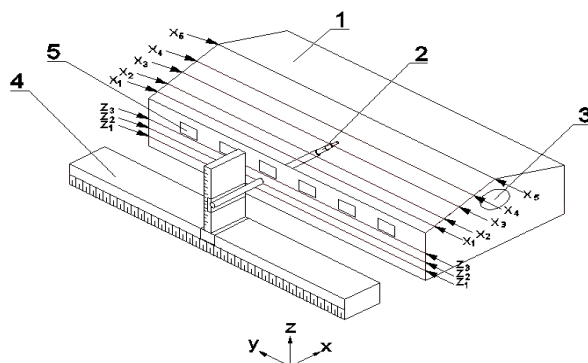


Фиг.4.10. Физически модел на животновъдния обект



Фиг.4.11. Напречен разрез на физическия модел

- 1- Общ вид на физическия модел;
- 2- Термоанемометър;
- 3- Въздуховодещ тръбопровод;
- 4- Стойка;
- 5- Компенсационни отвори



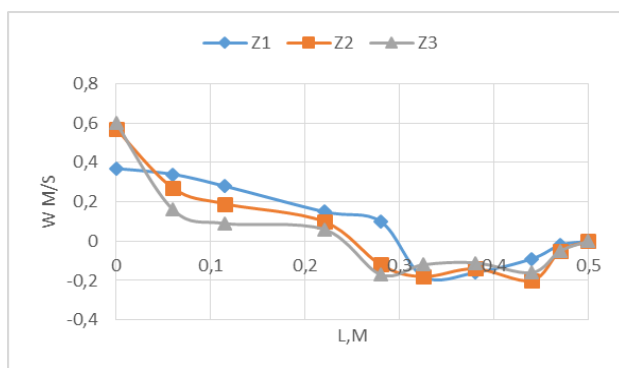
Фиг.4.12. Схема за провеждане на измерванията в равнина Y-Z

Отстоянието от пода на модела до Z1 е 0,06 m, Z2 е 0,12 m и за Z3 е 0,14 m. Компенсационните отвори са на разстояние от пода 0,17 m и са симетрично разположени, видно на Фиг. 4.10. . На фиг. 4.18. е изобразено изменението на минималната и максимална скорост под оста на въздухопровода.

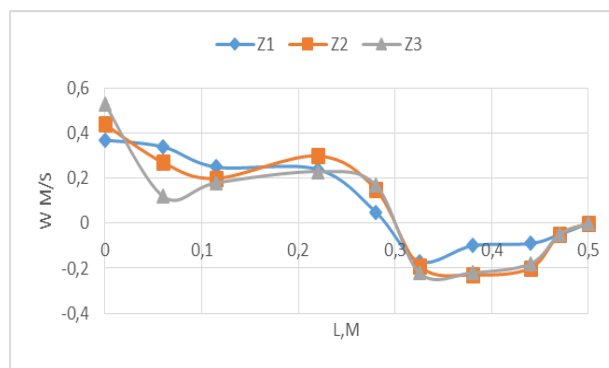
4.1.2.1.1. Обработка на експерименталните резултати и представянето им в графичен вид.

Проведени са експерименти в условията на изтичане на система вертикални изотермични струи в ограничено пространство . Резултатите от експериментите са показани в графичен вид.

Измерванията са проведени на три отстояния от пода на макета, съответно $Z_1=0,06$ m, $Z_2=0,10$ m $Z_3=0,14$ m. На следващите фигури от фиг.17 до фиг.20 са изобразени скоростни профили в сеченията Y₂, Y₃, Y₄ и Y₅.

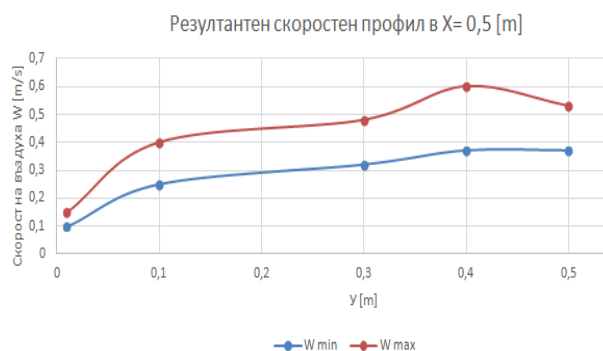


Фиг. 4.16. Скоростни профили в Y4



Фиг. 4.17. Скоростни профили в Y5

От посочените по горе фигури е видно намаляването на скоростта с приближаването до стените, както и разширяването на струйния профил. Условието скоростта да не надвишава 0,4 m/s в областта на животните не е нарушено. На следващата фиг. 4.18. е изобразен резултатния скоростен профил намиращ се под оста на въздухопровода. Вижда се увеличаването на скоростта в началото на тръбопровода и след 0,4 m настъпва установяване на скоростта.



Фиг. 4.18. Резултантно скоростно поле под оста на въздухохарпределителя

Изводи

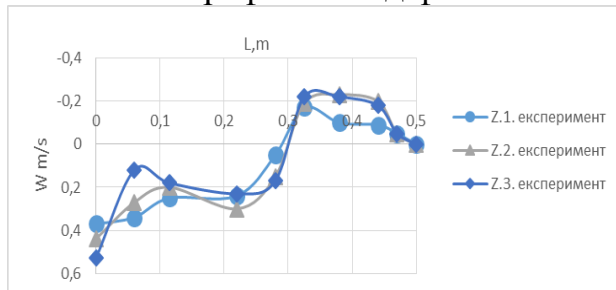
При така изпълнена въздухоразпределителна система е видно бързото намаляване на скоростта с отдалечаване от отвора на изтичане. Скоростта на въздуха в областта, отговаряща на местоположението на животните, не превишава $0,4 \text{ m/s}$. В областите около стените се наблюдават застойни зони и може да се предположи, че при последващите експерименти с подаване на охладен вече въздух в тези зони може да се очаква температурна аномалия. Застойни зони се формират около стените на модела, а също така се вижда и влиянието на компенсационните отвори. То се изразява в повишаването на скоростта в сечения Z_2 и Z_3 с доближаване до стената.

4.2. Изследване при неизотермични условия

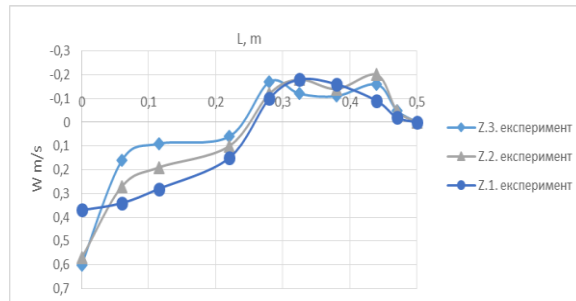
Експериментите са проведени върху физическия модел описан в 4.1.. Методиката за тяхното провеждане е аналогична с 4.1.2.3.1. , като регистриращия уред е термоанемометъра Тесто. Измервателните точки на настоящото изследване напълно съвпадат с описания по горе случай при изотермични условия. Горелката е с монтирана газова дюза с размер $0,26 \cdot 10^{-3} \text{ m}$. Разходът на технически пропан е $22,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/h}$, при хладилна мощност 33 W . След стационариране на стойностите, отчетени от термометрите t_3 и t_4 , се внася измервателния уред в обема на модела и се изчаква до установяване на неговата стойност.

4.2.1. Опитни данни и резултати

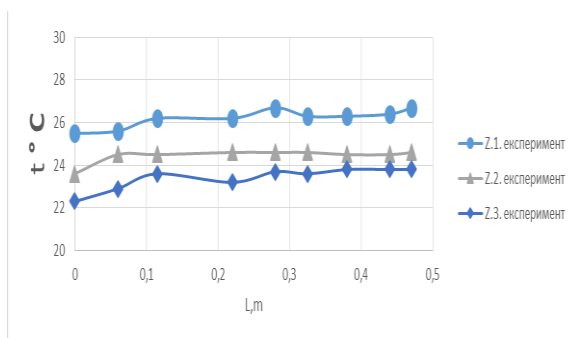
Свалени са скоростните профили с разгледаните сечения Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 , както и изменението температурата на въздуха за същите. Резултатите са показани в графичен вид фиг. – 4.25- 4.34.



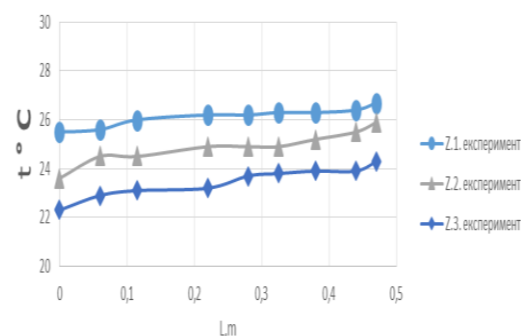
Фиг. 4.25. Разпределение на скоростта на въздуха в Y_5



Фиг. 4.26. Разпределение на скоростта на въздуха в Y_4



Фиг. 4.32. Разпределение на температурата на въздуха в Y4



Фиг. 4.33. Разпределение на температурата на въздуха в Y5

4.2.2. Изводи

Скоростта на въздуха над мястото на лежане на животните не превишава нормативните изисквания. Температурата на въздуха е в границите 24.5-25.5 °C която е оптимална за този вид животни. Зоните с по висока температура се наблюдават в непосредствена близост до околните стени на модела. По този начин реализираната системата за охлаждане напълно удовлетворява изисквания относно скорост и температура на въздуха в обитаемите от животните зони.

ГЛАВА 5. Компютърна симулация на въздухообмена в животновъден обект

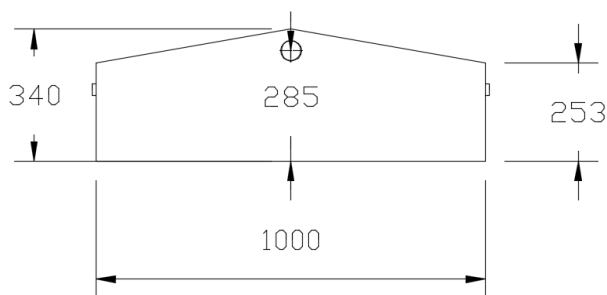
Разгледани са два варианта, като единия е аналогичен на физическия модел описан в Глава 4. След анализ на получените резултати ще е възможно да бъдат дадени препоръки за реализиране на най-добър въздухообмен в помещението необходим за оптимално развитие на младите животни. Компютърната симулация се осъществява на база математически модел, чрез който е възможен контрол над параметрите на системата.

5.1. Топлотехническите характеристики на ограждащите елементи на модела.

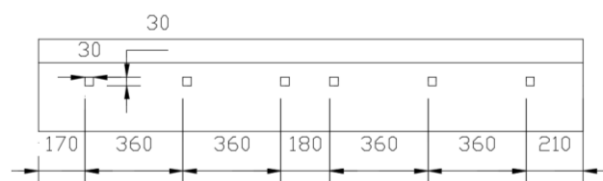
Модела е изграден от плътен материал съответстващ на използвания за направата на физическия модел разгледан по горе, със следните топло физически характеристики $\rho=32 \text{ kg/m}^3$, $\lambda=0,033 \text{ W/m.K}$ $C= 1,5 \text{ kJ/kg.K}$

5.5. Геометрия на модела

Моделът е базиран на реалните размери на макета, особеностите при създаване му са свързани основно със задаването на геометричните параметри на сградата и въздухоразпределителната система, както и размер и разположение на подаващите и компенсационните отвори .

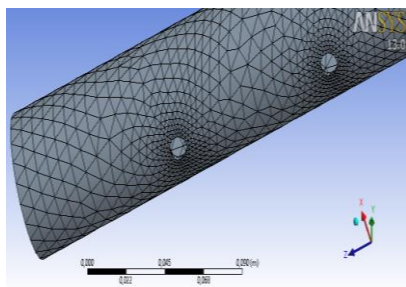


Фиг. 5.3. Размери на модела

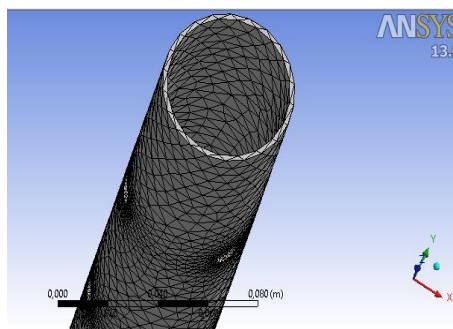


Фиг. 5.4. Разположение на компенсационните отвори на модела.

След като са пресъздадени границите на изследвания обект е нужно да се създаде изчислителна мрежа. Създадена е в ANSYS MESH съответстваща мрежа с необходимата гъстота (838 805 клетки, 1 706 211 лица и 158 127 възела).



Фиг. 5.9. Въздухоразпределителя с един отвор за изтичане



Фиг. 5.10. Въздухоразпределителя с два отвора за изтичане

Направени са експерименти с различен брой изчислителни клетки, показващи независимост на численото решение от тях.

5.7. Гранични условия

След като изчислителната мрежа е създадена и е дефиниран изчислителният обем, следва да се дефинират граничните условия на системата.

Boundaries	Boundary conditions
inlet	Mass flow inlet- 0,004 kg/s
outflow	flow rate weighting – 1;
Heat flux	3,33 W/m ²

Табл 5.1. Гранични условия

5.8. Математическо описание на симулацията.

Съставянето на математичен модел е свързано с познаване на причинно-следствените връзки, произтичащи от законите за съхранение на енергията, масата, количеството на движение. За постигане на най-точни резултати при решението на поставената задача най-подходящо е използването на стандартен $k - \varepsilon$ модел на турбулентност [113][117][136][155]. Това е полуемпиричен модел, базиран на транспортните уравнения за турбулентната кинетична енергия (k) и скоростта на дисипация (ε) [75][77]. Те се дефинират със следните транспортни уравнения:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \\ + G_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - G_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon, \end{aligned} \quad (5.2)$$

За решаването на задачата е необходимо да се пресметне и енергийното уравнение, което за работната среда на FLUENT има вида:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla(\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla(k_{eff} \nabla T - \sum_j h_j \vec{J}_j + (\vec{\tau}_{eff} \cdot \vec{v})) + S_h \quad (5.3)$$

където:

k_{eff} – ефективен коефициент на топлопроводност ($k + k_t$, където k_t е турбулентна температурна топлопроводност);

$\vec{J}_j$ – дифузионен поток за j -тия компонент;

S_h – включва топлинна енергия, получена вследствие химична реакция или някакъв друг вид енергия, освобождавана от обемен източник.

Уравненията за движение на реални флуиди в тримерен случай, записано за осреднени по време променливи, се представя, посредством следните зависимости:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} + \rho w \frac{\partial u}{\partial z} = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \mu \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \\ + \mu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \mu_t \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (5.4)$$

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} + \rho u \frac{\partial v}{\partial x} + \rho v \frac{\partial v}{\partial y} + \rho w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \mu \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \mu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \mu_t \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (5.5)$$

$$\rho \frac{\partial w}{\partial t} + \rho u \frac{\partial w}{\partial x} + \rho v \frac{\partial w}{\partial y} + \rho w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \mu \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) + \mu_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + \frac{1}{3} \mu_t \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (5.6)$$

Където: $\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t$.

Прибавя се и уравнението за непрекъснатостта:

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial z} = 0 \quad (5.7)$$

$$\tau_{yx} = \tau_m = -\overline{\rho u' v'}, \quad (5.8)$$

Стандартният k- ε модел, дефиниран в софтуерния пакет в ANSYS FLUENT, е от този клас модели, които се описват с две уравнения (за турбулентната кинетична енергия и скоростта на дисипация). Стандартният k - ε модел е базиран на следните моделни транспортни уравнения за турбулентната кинетична енергия (k) и дисипация (ε):

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (5.28)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (5.29)$$

Турбулентната вискозност се представя със зависимостта:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (5.30)$$

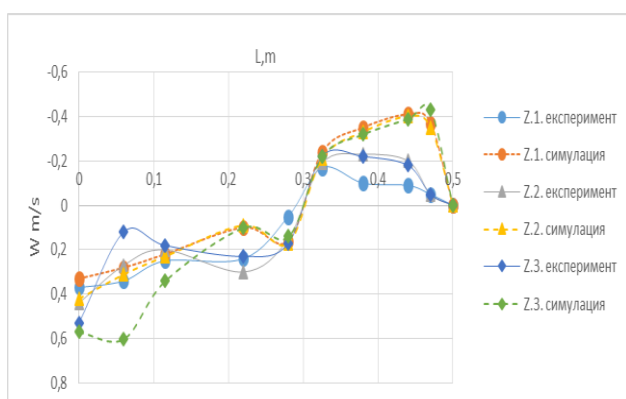
Необходимо е решаването на уравнението за запазване на енергията[50]

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla(\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla \left(k_{eff} \nabla T - \sum_j h_j \vec{j}_j + (\bar{\tau}_{eff} \vec{v}) \right), \quad (5.31)$$

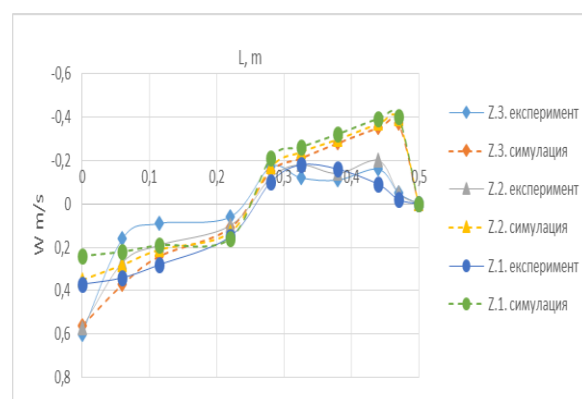
където k_{eff} е ефективната топлопроводност ($k + k_t$, където k_t е турбулентната топлопроводност, дефинирана в зависимост от използвания турбулентен модел), а $\vec{j}_j$ е дифузият поток от вида j . С оглед проверка достоверността на получените резултати от численото решение, като входни данни са заложили такива, използвани и при експерименталните изследвания, проведени в лаб. 3304 на катедра „Механика, машиностроене и топлотехника“ през 2017 г. Входните данни при един режим на работа на лабораторния стенд. Числените симулации са проведени при използване на стандартен k-ε модела на турбулентност и енергийно уравнение.

5.9. Резултати от проведените моделни изследвания:

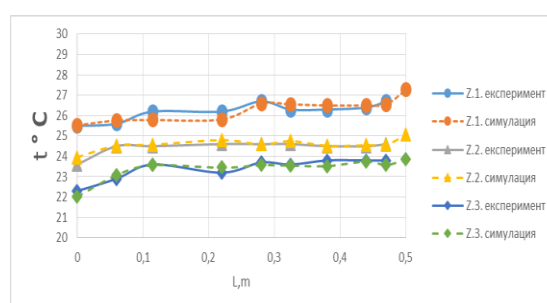
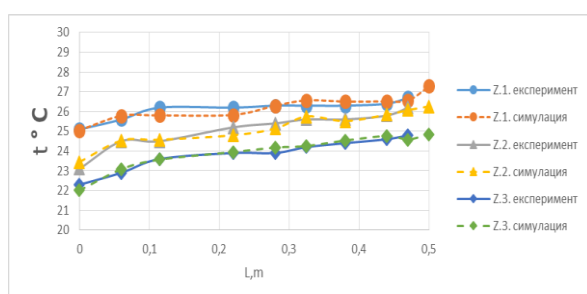
Сравнение между експерименталните и получените при компютърната симулация резултати. При неизотермични условия



Фиг. 5. 25. Разпределение на скоростта на въздуха в Y5

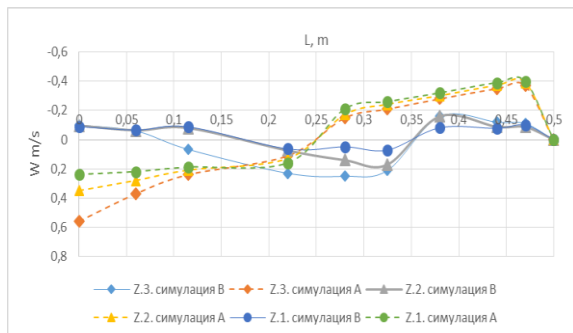


Фиг. 5. 26. Разпределение на скоростта на въздуха в Y4

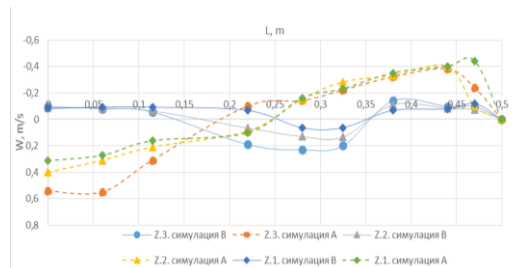


Фиг. 5. 30. Разпределение на температурата на въздуха в Y3

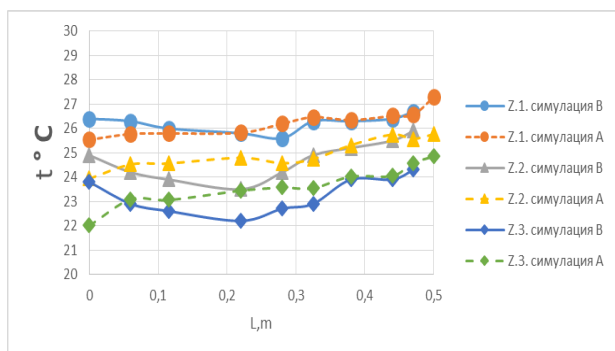
На следващите графики са показани в графичен вид резултатите от компютърните симулации. Симулация А е с два реда отвори надлъжно разположени по тръбопровода, разположени на 30° спрямо оста на тръбопровода. Симулация В е с един ред отвори разположени под оста на тръбопровода.



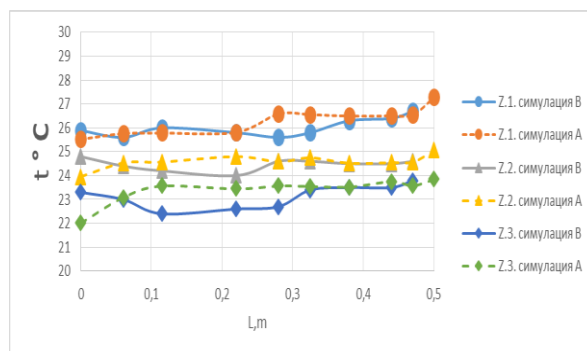
Фиг. 5. 31. Разпределение на температурата на въздуха в Y4



Фиг. 5. 37. Разпределение на скоростта на въздуха в Y4



Фиг. 5. 39. Разпределение на скоростта на въздуха в Y5



Фиг. 5. 40. Разпределение на температурата на въздуха в сечение Y4

Фиг. 5. 41. Разпределение на температурата на въздуха в сечение Y5

5.10. Изводи

- Проведено е числено решение на процесите въздухообмен в животновъден обект при използването на две схеми за разпределение на въздушния поток. Резултатите показват бързо достигане на режима на равновесие.

- Характерът на течението с доближаването до стената е различен спрямо оста на симетрия на течението. Това води до появата на циркуляционни зони с тангенциална скорост.
- Зоните в близост до стените, както и до ъглите на сградите се обособяват като такива без интензивен въздухообмен (застойни зони) което обяснява и наличието на по-високите температури в тях, представляващи приблизително 6% от охладителния обем.
- Изследваните конструкции биха могли да послужат като основа за провеждането на следваща серия компютърни симулации с други конструкции, и по-задълбочено разглеждане на останалите фактори влияещи върху комфорта на подрастващите животни.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

- ❖ Получена е критериална зависимост за връзката между специфичния охладителен товар на животновъдна сграда и влияещите ѝ фактори.

ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

- ❖ Получени са зависимости относно работата на АХМ в условия на гориво- биогаз и втечен газ.
- ❖ На физически модел, имитиращ животновъден обект са получени резултати показващи изменение на скоростта и температурата по височина на помещението, които имат определящо значение в практиката.
- ❖ Чрез компютърна симулация са пресъздадени взаимодействията на струи „хладен“ въздух, внасян от хладилна инсталация и са показани възможностите за практическото използване на основните резултати.
- ❖ Реализирано е приложение на биогаза в условия на непосредствено производство до източника на суровините. В реални практически условия е показана възможността за използване на биогаз като енергийно гориво при условията на инжекционна газова горелка в АХМ.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- Kostov, P., K. Atanasov., I. Ivanov, K. Peychev, R. Georgiev
Investigation of some energy characteristics of pig farm AGRICULTURAL

➤ Костов, П., К. Атанасов, И. Иванов. Изследване студопроизводството на абсорбционна хладилна машина, при промяна топлинното натоварване на генератора, работеща на пропан-бутан Топлотехника година 6 книга 2 – Сливен, 2015.стр. 71-74 ISSN 1314-2550.

➤ Костов, П., К. Атанасов, И. Иванов. Лабораторна уредба за изследване работата на абсорбционна хладилна машина предназначена за моделни изпитания на климатизирани животновъдни обекти НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ – 2015, том 54 серия 1.2 стр. 52-54

➤ Костов, П., И. Иванов, К. Атанасов. Физически модел на животновъдна ферма Топлотехника година 8 книга 1 – Сливен, 2017.стр. 52-55 ISSN 1314-2550.

➤ Костов, П., К. Атанасов, И. Иванов. Скоростно поле създавано от система за климатизация на животновъден обект НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ – 2016, том 55 серия 1.2 стр. 63-67.

➤ Костов, П., И. Иванов, К. Атанасов. Топлинен баланс на абсорбционна хладилна машина с газово гориво НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ – 2016, том 55 серия 1.2 стр. 68-71

➤ Иванов, И. Експериментално изследване на скоростното поле във физически модел на животновъден обект. Топлотехника година 9 книга 1 – Сливен, 2018.стр. 35 - 39 ISSN 1314-2550.

SUMMARY

USING BIOGAS FOR AIR CONDITIONING OF LIVESTOCK BUILDINGS

M.Sc eng. Ivan Ivov Ivanov

In present Ph.D thesis is considered the possibility for air conditioning of livestock building with absorption refrigeration machine using biogas as a fuel. The specific cooling load for a modern livestock building type is defined. A physical model of this building with an air duct system is made. Studies about cold production of an absorption refrigeration machine, working with biogas and liquid gas, are made and quantitative results have been obtained. A numerical simulations of the air supplier in the livestock building are conducted. Results about the velocity and temperature fields are obtained and they can be used for designing of systems for air conditioning.